

高桩码头横梁裂缝成因分析与对策

陈忠华¹, 罗 锋², 方卫东², 宋人心¹

(1. 南京水利科学研究所, 江苏 南京 210029; 2. 连云港港口集团有限公司, 江苏 连云港 222042)

摘要: 对高桩码头横梁进行了裂缝调查、检测、现场试验和强度复核计算, 对横梁裂缝的成因进行了分析。在现浇码头上横梁时可采取措施, 减小混凝土收缩。

关键词: 高桩码头; 混凝土裂缝; 混凝土收缩; 结构维修

中图分类号: U656.1*13

文献标识码: B

文章编号: 1002-4972(2006)05-0044-03

Cause Analysis of Cracks in Beam of Piled Wharf and Countermeasures

CHEN Zhong-hua¹, LUO Feng², FANG Wei-dong², SONG Ren-xin¹

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. Lianyungang Port Group Co., Ltd., Lianyungang 222042, China)

Abstract: Based on the investigation and detection of cracks, and through the field test and strength re-check computation, the cause of cracks in beam is analyzed. It is concluded that we can take measures to reduce shrinkage of concrete during casting of beam in wharf construction.

Key words: piled wharf; crack of concrete; shrinkage of concrete; repair and maintenance of structure

连云港 3[#]、4[#]泊位于 1974 年建成, 结构型式为高桩梁板式, 设计为 1 座 1 万 t 级和 1 座 5 000 t 级杂货泊位。码头结构见图 1。

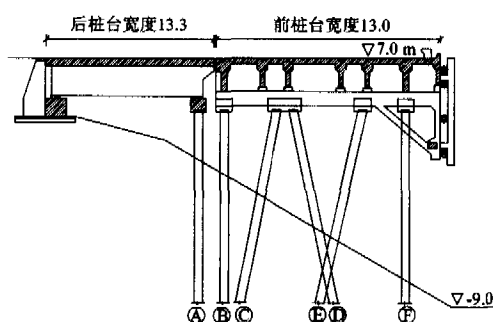


图 1 连云港 3[#]、4[#]号泊位码头横向剖面 (单位: m)

在 2002 年的维护检查中发现码头前桩台横梁普遍出现竖向裂缝, 本文在码头横梁的裂缝调查、试

验、结构强度验算的基础上, 分析横梁裂缝成因^[1]。

1 结构普查

现场调查了码头的全部横梁, 横梁总计 65 根。各排架横梁裂缝数量及最大裂缝宽度统计分别见图 2、3。典型横梁裂缝宽度沿高度的变化见表 1。裂缝在 1 根横梁的不同区段上出现的频度具有一定规律性。以纵梁轴线与横梁轴线的交点为分界点, 将横梁由前向后分为 6 个区段。然后统计横梁在各区段出现裂缝的数量, 对所有排架横梁在各区段出现裂缝的频度进行统计, 见图 4。

根据现场调查, 该码头横梁裂缝有以下主要特点:

1) 梁裂缝具有普遍性;

收稿日期: 2005-11-23

作者简介: 陈忠华 (1963-), 男, 高级工程师, 主要从事港口工程研究工作。

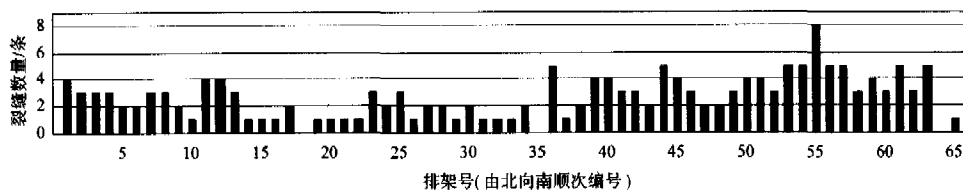


图2 各排架横梁裂缝条数统计

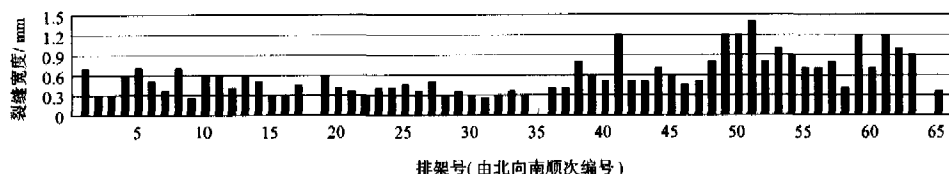


图3 各排架横梁裂缝宽度统计

表1 裂缝宽度沿梁高的变化 mm

排架	测点编号 (自上而下, 间隔 0.20 m)							
编号	1	2	3	4	5	6	7	8
8	0.45	0.50	0.70	0.60	0.45	0.40	0.20	0.10
40	0.30	0.40	0.50	0.40	0.40	0.30	0.20	0.05
50	0.60	1.00	1.20	0.90	0.65	0.50	0.45	0.30

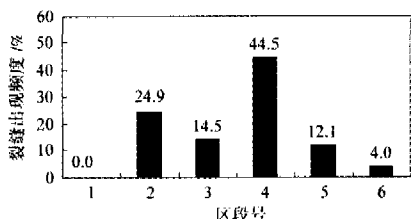


图4 横梁裂缝在各区段出现的频度

- 2) 在横梁中部出现的频度高，在端部出现的频度低；
- 3) 缝大多贯穿了上横梁，但未延伸到下横梁；
- 4) 横梁裂缝主要为双面对应的竖向裂缝；
- 5) 裂缝宽度沿高度变化呈现为中间宽，上、下窄。

2 裂缝深度超声检测

采用超声法检测了3根横梁上的6条裂缝的缝深，检测结果表明：横梁裂缝为贯通截面宽度的裂缝，不是浅层裂缝。

3 横梁现场加载测试

选择50#排架作为试验排架，该排架横梁出现4条竖向裂缝，最大缝宽1.20 mm，横梁开裂较为严重。作用于3#、4#泊位横梁的主要荷载有门机荷载、铁路荷载、船舶荷载和结构自重等。试验

采用1台门机加载（国产Mh-4-25型），最大起重量100 kN。试验时，门机1个腿的中心对准门机梁轴线与试验排架横梁轴线的交点，门机起吊100 kN配重，伸臂15 m。按门机吊臂在不同方位形成5个荷载工况，这5个工况所对应的门机吊臂的方位分别为：第1工况，吊臂朝向码头正前方；第2~5工况吊臂沿顺时针方向分别转动45°。试验共进行3次。

测试和检查内容包括：横梁结构裂缝的变化；试验排架桩基沉降；试验过程中检查横梁是否出现新的裂缝。横梁裂缝的变化采用千分表测量，千分表安装支架以裂缝为中心，在裂缝两侧两个固定点之间距离为80 mm。B桩和C、D桩交点处的沉降采用百分表测量；E、F桩桩顶沉降采用BJQN-4型桥梁挠度仪测量。测量沉降的基准点布置在后桩台帽梁上。

门机荷载作用下码头横梁裂缝变化及桩基沉降的观测结果分别见表2、3。

1) 横梁裂缝的活动性

由表2可见，在门机荷载施加和移去以及5个工况的作用过程中，横梁裂缝宽度无变化或变化甚小。门机荷载是作用于横梁的主要荷载之一，裂缝基本不随荷载作用而变化，为非活动性裂缝。

2) 桩基沉降

在试验荷载作用下B桩沉降最大值为0.65 mm，C、D桩交点处沉降最大值为0.57 mm。由于仪器故障，E桩及F桩未获得有效实测数据。在门机荷载移去之后，桩基基本恢复原位。



表2 门机荷载作用下横梁裂缝变化实测值 mm

门机工况	裂缝变化			
	LH1	LH2	LH3	LH4
门机离开	0.000	0.000	0.000	0.000
工况 1	0.000	0.001	0.002	0.000
工况 2	0.000	0.001	0.002	0.000
工况 3	0.000	0.001	0.003	0.000
工况 4	0.000	0.001	0.003	0.000
工况 5	0.001	0.001	0.003	0.000
门机离开	0.000	0.001	0.001	0.000

表3 门机荷载作用下桩基沉降实测值 mm

门机工况	沉降, 向下为正	
	B桩	C、D桩交点
门机离开	0	0
工况 1	0.37	0.36
工况 2	0.42	0.39
工况 3	0.57	0.42
工况 4	0.65	0.57
工况 5	0.60	0.55
门机离开	0.01	0.05

3) 横梁是否出现新裂缝

试验过程中, 观察横梁表面, 除原有裂缝外, 未出现新的裂缝。

4 结构受力计算和强度复核

选取码头 1 个标准结构段整体作为计算模型, 进行有限元计算^[2-3]。码头荷载考虑结构自重、门机荷载、铁路荷载等, 控制荷载组合为自重+门机荷载+双线铁路荷载。

采用原设计截面和配筋数据, 按照现行港口工程有关技术规范对横梁承载进行复核计算, 横梁荷载作用效应组合及承载力计算值见表 4。码头

表4 横梁荷载作用效应组合及承载力计算值

截面位置	名称	作用效应 S_d		构件承载力 R_d/kN
		组合 1	组合 2	
2	正弯矩/kN·m	895.5	1 262.3	1 769.4
4		657.7	916.4	1 241.7
1	负弯矩/kN·m	-1 433.2	-1 130.0	1 549.1
3		-2 142.9	-1 655.4	2 323.6
1	剪力/kN	775.5	559.0	1 597.7
3		891.7	784.2	1 717.5

注: 截面编号 1~5 分别位于横梁与前起第 3、4、5、6 根纵梁相交处。

结构受力分析和承载力复核计算结果说明, 在设计荷载作用下, 横梁有足够的安度。

5 码头横梁损伤成因分析及修补方法

5.1 横梁裂缝成因

导致码头横梁裂缝的因素通常有以下几方面: 结构荷载作用、码头岸坡变形、混凝土收缩等。

该码头横梁普遍出现的裂缝为非活动性裂缝, 经复核计算, 横梁在设计荷载作用下有足够的安度。另外, 码头主要活荷载为门机荷载、铁路荷载等, 通常这些活荷载大小易于控制, 很少会出现严重超载现象。可以判断该码头横梁裂缝并非结构荷载作用导致。

码头岸坡变形对窄桩台码头或宽桩台码头的后桩台部分影响较大。该码头为宽桩台码头, 后桩台采用简支式横梁, 其结构形式能够较好地适应岸坡变形。可以排除岸坡变形导致码头横梁开裂的可能性。

该码头横梁由上横梁和下横梁两部分组成, 下横梁为预制构件, 设计强度 C30; 上横梁现浇而成, 设计强度 C25。下横梁延伸出箍筋和斜筋, 在上横梁现浇混凝土后, 上、下横梁结合成为 1 个整体构件。由于上、下横梁是在不同的施工阶段、用不同的施工方法完成的, 在结合成为一体后两者具有不同的收缩要求。从时间方面考虑, 下横梁先于上横梁浇筑, 在安装之前已经完成了一大部分收缩; 从施工方法上考虑, 预制部分在预制场生产, 施工条件好, 可以采用较小的混凝土水灰比, 而上横梁在海上现浇, 施工条件相对较差, 上横梁既高又薄, 而且钢筋较密, 浇筑时要求较大的混凝土流动度, 与下横梁相比, 上横梁混凝土水灰比较大。另外, 在所处的外界环境方面, 上横梁比下横梁的收缩严重; 下横梁所处高程为 4.33~5.13m, 这一位置在 1 个月之中经常会被高潮位淹没, 而上横梁所处高程在 5.13m 以上, 被潮水淹没的机会很少。从以上几点考虑, 在上横梁施工结束后, 上横梁的混凝土收缩量大于下横梁的混凝土收缩量。但在结构受力上, 上、下横梁已经成为一体, 上横梁的收缩受到下横梁

(下转第 83 页)

选用单波段, 或选用双波段, 在政策实施前使用 2 个频段, 政策实施后 S 波段功能关闭。

4.2 天线的方向性

主通航孔的上、下行方向分道通航的中央各设置了 1 座雷达应答器, 应使船舶上行 (或下行) 时在雷达屏幕上只能看见上行 (或下行) 方向的雷达应答编码信号, 注意避免 2 个雷应之间的旁瓣干扰。桥梁的钢筋混凝土结构可以起屏蔽作用, 为在技术上得到进一步保障, 应选用定向水平极化天线的雷应。

5 结语

1) 由于海上气象条件恶劣并变化无常, 通过大桥的船舶吨位、装载货物、航速、船上的电子导航设备以及船舶自身操纵性能、船长的技术水平等各方面差异较大, 大桥的助航服务应满足各种船舶在不同通航气象条件下的安全航行需要。必须全方位统筹规划, 建立大桥综合的助航服务系统, 包括建立相互独立、互补的导助航服务系统。

2) 桥涵标设计时应根据大桥的实际情况, 考

虑多方面因素的影响, 优化设计方案。东海大桥桥涵标实施后, 经技术测定: 航标配布合理、设备先进、效能显著, 得到了航海用户、海事管理部门和各有关专家的一致肯定。

参考文献:

- [1] GB5863-93, 内河助航标志[S].
- [2] 刘功臣, 编译. 国际航标协会有关建议汇编[C]. 北京: 人民交通出版社, 2000: 77-81.
- [3] JTJ237-94, 水运工程导标设计规范[S].
- [4] 中华人民共和国海事局, 译. 国际航标协会助航指南 (第四版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [5] 日本协理基金事业团, 日本海上保安厅. 航标教材 (海外培训版) (2). 周寿椿, 译[M]. 北京: 交通部安全监督局, 1996: 91-93.
- [6] Tideland signal Corporation. Bridge & Barge Lights/ Aids to Marine Navigation[EB/OL]. (2000-06)[2003-12] <http://www.tidelandsignal.com>.
- [7] 罗思明, 苗猛. IALA 无线电导航委员会第 21 次会议介绍 [C]. 上海: 国际海事研究委员会航标管理分委会, 2004(1):55-63.

(上接第 46 页)

的约束, 从而在上横梁中出现拉应力, 这种情形发展到一定程度会导致上横梁开裂。在码头上横梁施工中, 如存在采用较大的混凝土水灰比或早期养护不良等问题, 横梁会出现收缩裂缝。

根据普查、检测、现场试验、强度符合计算等得到的结果, 排除了结构荷载作用导致横梁裂缝; 横梁开裂的主要原因也不是岸坡变形。可以认为: 上横梁混凝土的较大收缩受到下横梁的约束是导致码头前桩台横梁开裂的主要原因。

5.2 横梁裂缝的危害性

1) 码头横梁裂缝为非活动性裂缝, 其主要原因是混凝土收缩。在裂缝出现后, 上横梁的收缩要求得到满足。这种裂缝对结构安全性的影响不大, 可不作结构加固。

2) 海港码头横梁出现宏观裂缝给腐蚀介质的侵入提供了通道; 裂缝的宽度一般大于 0.20 mm, 横梁裂缝是影响耐久性的不利因素, 需进行裂缝修补。

5.3 修补方案建议

对横梁的竖向裂缝进行修补, 封闭竖向裂缝以防止腐蚀介质顺裂缝侵入。修补方法可采用灌浆法或采用丙乳砂浆嵌缝修补, 裂缝修补的技术要求详见规范^[9]。

6 结语

为了避免新建码头的横梁出现收缩裂缝, 在现浇上横梁时可采取措施减小混凝土收缩, 如采用高效减水剂减小混凝土水灰比; 加强混凝土的早期养护。

参考文献:

- [1] 陈忠华. 连云港 3#、4 泊位码头横梁裂缝成因及对策[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2003.
- [2] JTJ291-98, 高桩码头设计与施工规范[S].
- [3] JTJ215-98, 港口工程荷载规范[S].
- [4] JTJ267-98, 港口工程混凝土结构设计规范[S].
- [5] JTJ/T271-99, 港口工程混凝土粘接修补技术规程[S].